

УДК 655.26;004.92

С. В. Сипайло

Белорусский государственный технологический университет

**СИНТЕЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЦВЕТНОЙ СИММЕТРИЕЙ
ПУТЕМ СОПРЯЖЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПЕРЕСТАНОВОК
С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ**

В статье решается задача синтеза векторных изображений с цветной симметрией. Предложен подход к синтезу изображений с цветной симметрией, состоящий в комбинации геометрических преобразований базового графического элемента с цветовыми перестановками. Составлен алгоритм синтеза цветных симметричных узоров на основе базового графического элемента. После каждого геометрического преобразования текущего графического объекта производится проверка критерия замены цвета и при его выполнении осуществляется перестановка цветов.

Разработанный алгоритм программно реализован на языке Visual Basic for Applications в среде CorelDRAW X3. Синтезированные узоры характеризуются разнообразием формы и цветовых комбинаций векторных элементов. При этом цветовые области в рамках узора распределены упорядоченно, т. е. подчиняются законам цветной симметрии. Результаты работы программы свидетельствуют об эффективности предложенного подхода к синтезу цветных изображений. Программа позволяет повысить производительность технической работы дизайнера и предоставляет больше возможностей для решения задач художественного оформления.

Для большей функциональности программных средств синтеза в будущем можно расширить перечень геометрических конфигураций базовых элементов, а также предоставить пользователю возможность составлять и редактировать последовательность симметрических преобразований в диалоговом режиме.

Ключевые слова: цветная симметрия, векторная графика, синтез изображений, узоры.

S. U. Sipaila

Belarusian State Technological University

**SYNTHESIS OF IMAGES WITH COLOR SYMMETRY BY COUPLING
OF COLOR REARRANGEMENTS TO GEOMETRICAL TRANSFORMATIONS**

The article deals with the problem of vector images synthesis with color symmetry. The approach to synthesis of images with the color symmetry, consisting in a combination of geometrical transformations of a base graphic element with color rearrangements is offered. The synthesis algorithm of color symmetric patterns on the basis of a base graphic element is made. The checks of the color replacement criterion is performed after each geometric transformation of the current graphic object; and if the criterion is satisfied, rearrangement of colors is performed.

The algorithm worked out simple means of software on the Visual Basic for Applications language in Corel DRAW X3 environment. The synthesized patterns are characterized by a variety of shapes and color combinations of vector elements. In this case color areas within the pattern are distributed in an orderly, that is subject to the laws of color symmetry. The results of the program show the effectiveness of the proposed approach to the synthesis of color images. The program allows to increase productivity of technical work of the designer and gives more opportunities for solving the tasks of decoration.

For greater functionality of synthesis software in the future it is possible to expand the range of geometrical configurations of base elements, and also to give the user an opportunity to make and edit sequence of symmetric transformations in a dialogue mode.

Key words: color symmetry, vector graphics, image synthesis, patterns.

Введение. Симметричные геометрические узоры востребованы как средство оформления различных видов полиграфической продукции, как книжной, так и листовой (билетов, ценных бумаг и т. п.). В предыдущих работах по автоматизации синтеза векторных симметричных изображений [1–3] решалась задача синтеза векторных узоров как графических объектов,

обладающих геометрической симметрией, т. е. принималась во внимание только форма синтезируемых узоров. В то же время одним из важнейших средств художественного оформления полиграфической продукции является цвет, упорядоченные колебания которого в пределах узора также являются собой одну из разновидностей симметрии [4]. В современных графических

программах отсутствуют инструменты для автоматической реализации данного вида симметрии при создании изображений, т. е. вся работа по формированию цветных областей, расположенных в определенном порядке, должна выполняться пользователем вручную. Помимо трудоемкости ручных действий, могут возникать трудности, связанные с недостаточно полным знанием и пониманием сущности цветной симметрии оператором компьютера. В связи с вышесказанным является актуальной задача автоматизации синтеза векторных узоров, обладающих не только геометрической, но и цветной симметрией.

Основная часть. Группы цветной симметрии являются расширением классических групп геометрической симметрии. Идея цветной симметрии была впервые предложена советским ученым в области кристаллографии Беловым Н. В. [5] для описания кристаллических структур. При этом само понятие «цвет» здесь носило абстрактный характер и ассоциировалось не только с цветом в его физическом понимании, а с любым негеометрическим свойством в той или иной точке симметричной пространственной структуры. То есть цвет в контексте цветной симметрии рассматривается как дополнительное свойство, сопоставленное с точкой или областью симметричного объекта. С каждой операцией (движением) симметрии согласуется определенная перестановка цветов. Группа цветной симметрии образуется множеством пар операций симметрии и соответствующих им перестановок цветов.

В предыдущих работах по синтезу векторных криволинейных контуров [2, 3] была решена задача генерации базового криволинейного объекта в виде кривой Безье на основе его описания функциональной зависимостью вида $y = f(x)$. Также был разработан обобщенный алгоритм синтеза симметричных векторных узоров путем симметрических преобразований базового графического элемента (рис. 1, а). Этот алгоритм был реализован программно в виде автоматического генератора узоров, параметры которых определялись с помощью случайных чисел.

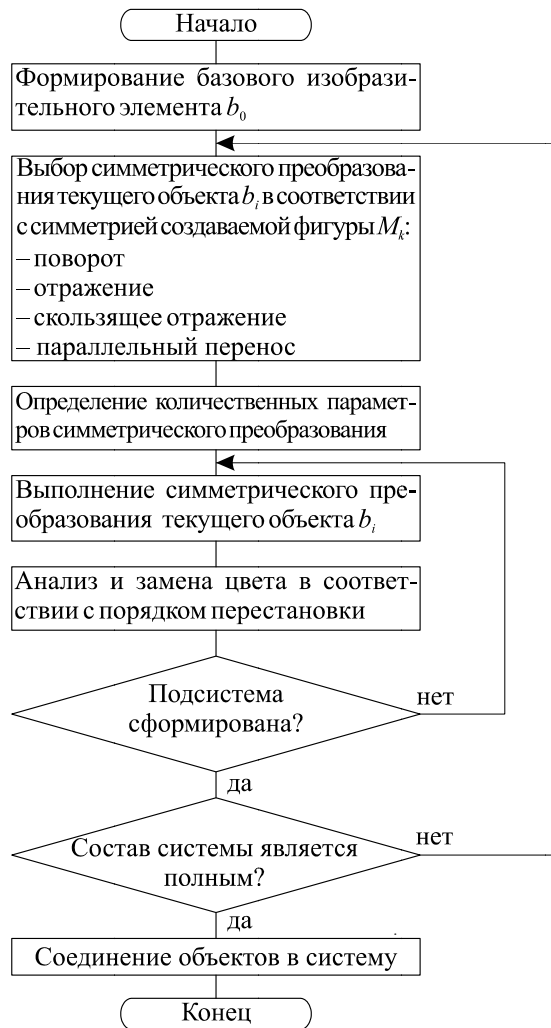
При реализации цветной симметрии в процессе создания симметричного узора целесообразно установить ограниченный перечень (набор) цветов, подлежащих перестановке, и связать перестановку цветов с тем или иным геометрическим преобразованием фрагмента фигуры, который выступает в качестве базового на данном этапе синтеза. При этом количество цветов, подлежащих перестановке, не должно превышать количество элементов в группе геометрической симметрии.

Для реализации предложенного подхода исходный алгоритм был дополнен операциями анализа и замены цвета преобразуемого графического объекта (рис. 1, б). При этом критерием замены цвета является количество однотипных геометрических преобразований, после выполнения которых должна произойти цветовая перестановка. Тем самым косвенно задается размер области, неизменной по цветовому содержанию, который в общем случае кратен (больше либо равен) размеру области, симметрически неделимой с геометрической точки зрения.

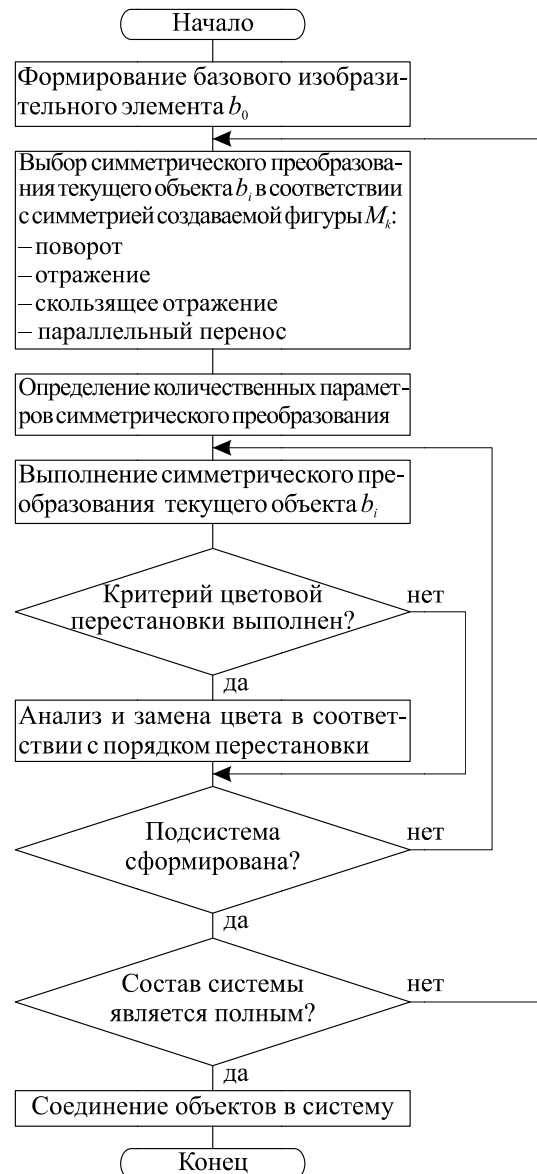
Разработанный алгоритм синтеза цветных узоров был программно реализован на языке Visual Basic for Applications в среде программы векторной графики CorelDRAW X3. Основным элементом интерфейса разработанной программы является диалоговое окно (рис. 2). В окне можно задать параметры цветов, участвующих в перестановке, количество цветов в узоре и значение критерия замены цвета. Числовые параметры, имеющие множество значений, задаются в текстовых полях. При выборе из малого количества вариантов используются такие элементы интерфейса, как раскрывающийся список и так называемый «флажок» (checkbox). Для удобства пользователя предусмотрены кнопки удаления сгенерированного объекта и сброса текущих значений параметров до значений по умолчанию. Помимо удобства в работе, наличие базовых значений позволяет лучше сориентироваться в программе неопытному пользователю.

Поскольку решаемая задача синтеза изображений имеет прикладной характер и ориентирована в первую очередь на применение в полиграфии, цвета задаются с помощью координат цветовой модели СМΥК. Исходя из принципов графического дизайна максимальное количество используемых цветов ограничено четырьмя. Узор, содержащий большее количество цветов, будет перегружен цветовой информацией и, следовательно, плохо восприниматься глазом и вызывать зрительный дискомфорт. Технические же ограничения в увеличении количества цветов до числа геометрических преобразований в циклической подгруппе или числа периодически повторяющихся областей фрагмента бесконечной фигуры не существует.

Для автоматического формирования симметричных узоров используются подпрограмма синтеза орнаментальной розетки как транслируемой части фонового узора и подпрограмма синтеза сетчатых орнаментов. В качестве базового объекта для симметрических преобразований генерируется векторный контур, описываемый одной из четырех функций вида $f(x)$. За основу взяты тригонометрические и степенные функции.



а



б

Рис. 1. Обобщенные алгоритмы синтеза симметричных узоров:
 а — с геометрической симметрией; б — с цветной симметрией

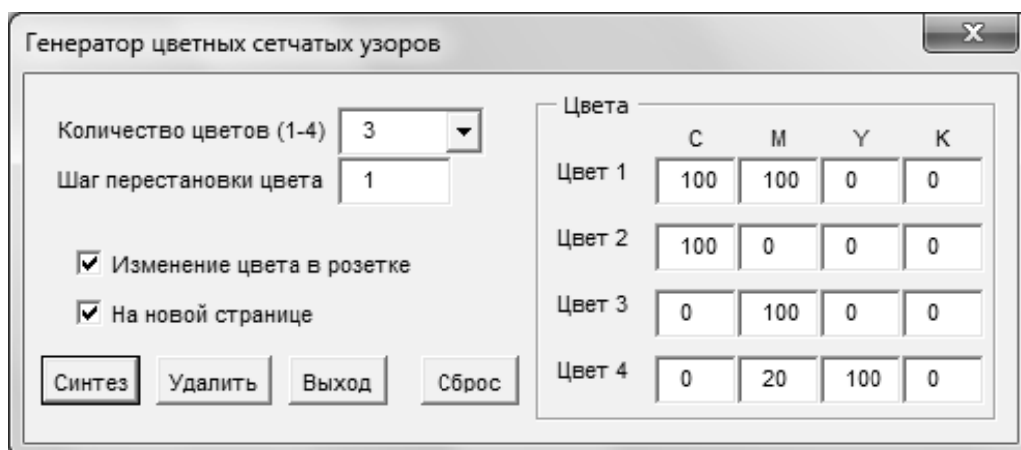


Рис. 2. Диалоговое окно программы синтеза узоров

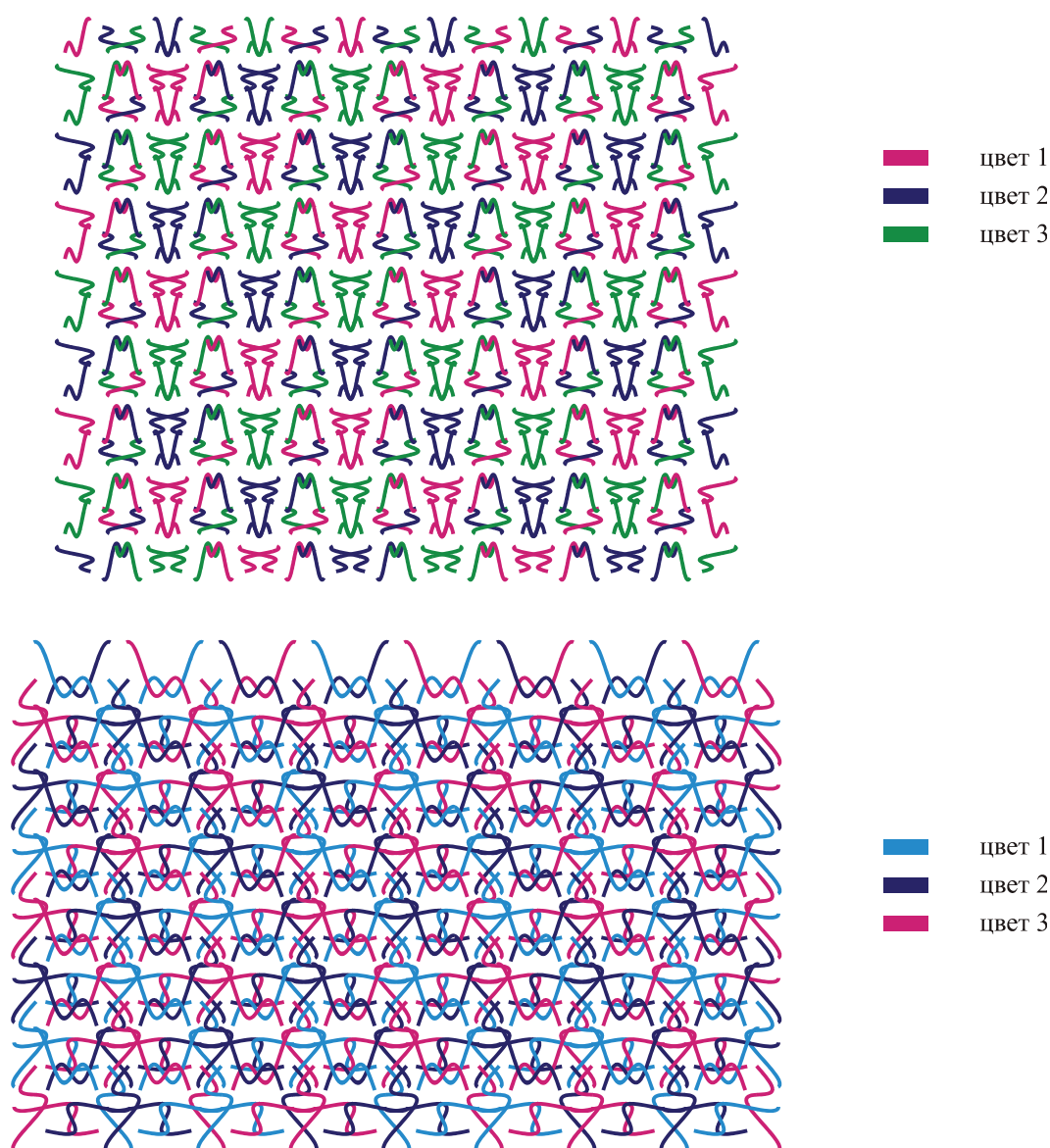


Рис. 3. Примеры симметричных узоров, сгенерированных в автоматическом режиме

Для выполнения геометрических преобразований базового элемента используются такие виды движений на плоскости, как поворот, отражение, параллельный перенос, скользящее отражение. Конкретный перечень и порядок геометрических преобразований графического элемента, количественные значения их параметров определяются программой автоматически с помощью генератора случайных чисел. После выполнения каждого геометрического преобразования производится проверка критерия замены цвета и при достижении им заданного значения осуществляется перестановка цветов.

При выполнении цветовой перестановки возможны два варианта: 1) цветовая перестановка в рамках текущего объекта, подвергаемого геометрическим преобразованиям; 2) полная замена цвета текущего объекта без учета цветового различия его внутренних элементов. Выбор

одного из двух вариантов, который влияет на размеры однородных по цвету областей в синтезированном узоре, производится пользователем в диалоговом окне путем активации или деактивации параметра «Изменение цвета в розетке». Для поиска и замены цвета в пределах выделенного объекта написана отдельная подпрограмма.

Синтезированные программой узоры являются стандартными векторными объектами CorelDRAW, которые описываются кривыми Безье. Их можно при необходимости редактировать как по форме, так и по цвету, используя инструменты базовой программы, а также сохранять в виде файла векторной графики.

Примеры узоров, синтезированных в автоматическом режиме, приведены на рис. 3. Синтезированные узоры характеризуются разнообразием формы и цветовых комбинаций векторных элементов. При этом цветовые области в рамках

узора распределены упорядоченно, т. е. подчиняются законам цветной симметрии. Такие узоры могут использоваться для художественного оформления печатной продукции, а также в тех случаях, когда требуется максимально усложнить ее несанкционированное воспроизведение третьими лицами. Возможность выполнения защитной функции обусловлена тем, что воссоздание векторных узоров такого типа в ручном режиме очень трудоемко.

Следует также отметить, что автоматический синтез узора на основе параметров, определенных с помощью генератора случайных чисел, не всегда способен обеспечить приемлемый с эстетической точки зрения результат. С учетом вышесказанного синтезированные узоры должны быть подвергнуты эстетической оценке со стороны дизайнера.

Заключение. В данной работе предложен и программно реализован подход к синтезу изображений с цветной симметрией, состоящий в комбинации геометрических преобразований базового графического элемента с цветовыми перестановками. Реализация предложенного подхода позволяет повысить производительность технической работы в графических программах и предоставляет дизайнеру больше возможностей для решения задач художественного оформления. Для большей функциональности программных средств синтеза в будущем можно расширить перечень геометрических конфигураций базовых элементов, а также предоставить пользователю возможность составлять и редактировать последовательность симметрических преобразований в диалоговом режиме.

Литература

1. Сипайло С. В. Создание орнаментальных изображений с помощью встраиваемого программного модуля CorelDRAW // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2007. Вып. XV. С. 17–20.
2. Сипайло С. В. Автоматизация синтеза векторных криволинейных контуров со свойствами симметрии в CorelDRAW // Труды БГТУ. 2014. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 3–7.
3. Сипайло С. В. Реализация автоматического синтеза векторных узоров в допечатном процессе на языке VBA // Труды БГТУ. 2015. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 125–129.
4. Шубников А. В., Копчик В. А. Симметрия в науке и искусстве. Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 560 с.
5. Белов Н. В., Тархова Т. Н. Группы цветной симметрии // Кристаллография. 1956. Т. 1. № 1. С. 4–17.

References

1. Sipaila S. U. Creation of ornamental images using embedded software module CorelDRAW. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU]. Series IX, Printing and Publishing, 2007, issue XV, pp. 17–20 (In Russian).
2. Sipaila S. U. Automation of synthesis of vector curved contours with symmetry properties in CorelDRAW. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 9: Printing and Publishing, pp. 3–7 (In Russian).
3. Sipaila S. U. Implementation automatic synthesis of vector patterns in prepress in language VBA. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 9: Printing and Publishing, pp. 125–129 (In Russian).
4. Shubnikov A. V., Koptsik V. A. *Simmetriya v nauke i iskusstve* [Symmetry in science and art]. Moscow – Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2004. 560 p.
5. Belov N. V., Tarkhova T. N. Color Symmetry groups. *Kristallografiya* [Crystallography], 1956, vol. 1, no. 1, pp. 4–17 (In Russian).

Информация об авторе

Сипайло Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: svsip@tut.by

Information about the author

Sipaila Siarhei Uladzimiravich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svsip@tut.by

Поступила 16.05.2016